

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-050073
 (43)Date of publication of application : 21.02.2003

(51)Int.Cl. F25D 17/00
 F25B 9/14
 F25D 16/00
 F25D 21/06
 F25D 21/08

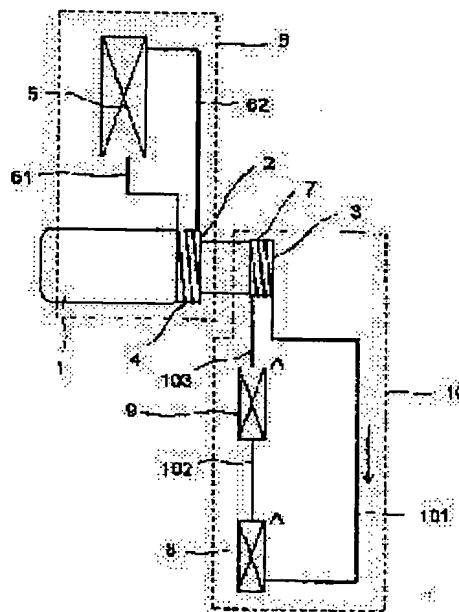
(21)Application number : 2001-235791 (71)Applicant : SHARP CORP
 (22)Date of filing : 03.08.2001 (72)Inventor : CHO TSUNEYOSHI

(54) STIRLING REFRIGERATION SYSTEM AND STIRLING REFRIGERATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a Stirling refrigeration system advantageous for energy saving in which a desired cooling performance can be attained by carrying cold heat quickly to the side utilizing cold heat.

SOLUTION: The Stirling refrigeration system comprises a low temperature side circulation circuit 10 of a closed circuit sequentially coupling a low temperature side condenser 5 having a high temperature section 2 for radiating compression heat of a working gas generated through reverse Stirling cycle to the outside, and a low temperature section 3 for sucking expansion heat of the working gas generated through reverse Stirling cycle from the outside and coupled thermally with the low temperature section 3, and a first low temperature side evaporator 8 and a second low temperature side evaporator 9 disposed at lower positions than the low temperature side condenser 5 while setting a difference of height to constitute a thermo siphon. The low temperature side circulation circuit 10 is encapsulated with a medium circulating through the low temperature side circulation circuit 10 while carrying cold heat at the low temperature section 3.



→ 低温度熱伝達媒体の流れ

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.06.2004
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-50073
(P2003-50073A)

(43) 公開日 平成15年2月21日 (2003.2.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
F 2 5 D 17/00	3 0 1	F 2 5 D 17/00	3 0 1 3 L 0 4 5
F 2 5 B 9/14	5 2 0	F 2 5 B 9/14	5 2 0 Z 3 L 0 4 6
F 2 5 D 16/00		F 2 5 D 16/00	
21/06		21/06	J
21/08		21/08	Z
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-235791(P2001-235791)

(22) 出願日 平成13年8月3日 (2001.8.3)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 張 恒良

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
シャープ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

F ターム (参考) 3L045 AA01 AA03 BA01 CA02 DA02

FA01 JA04 LA14

3L046 AA01 AA03 BA01 CA05 DA06

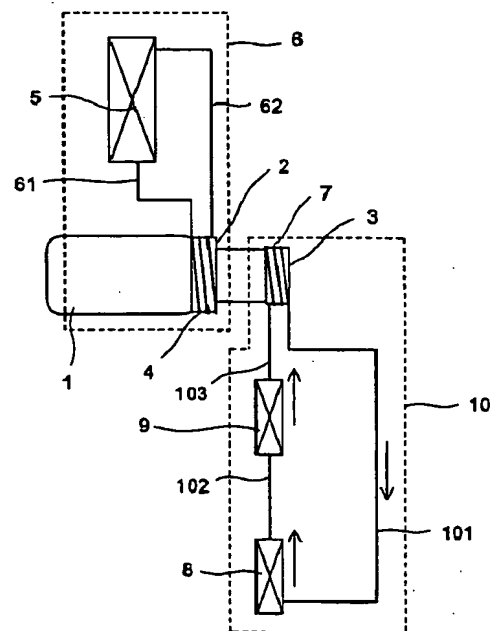
LA11 MA04 MA05

(54) 【発明の名称】 スターリング冷凍システム及びスターリング冷蔵庫

(57) 【要約】

【課題】 冷熱を速やかに冷熱利用側に搬送して所望の冷却性能を得ることのできる省エネに有利なスターリング冷凍システムを提供する。

【解決手段】 逆スターリングサイクルによる作動ガスの圧縮熱を外部に放熱するための高温部2と、前記逆スターリングサイクルによる前記作動ガスの膨張熱を外部から吸熱するための低温部3とを有し、前記低温部3に熱的に結合された低温側凝縮器5と、この低温側凝縮器5より低い位置にそれぞれ高度差をつけて設けた第1低温側蒸発器8及び第2低温側蒸発器9とをサーモサイフォンを構成するように順次連結した閉回路からなる低温側循環回路10を備え、この低温側循環回路10内を循環し、前記低温部3の冷熱を搬送する冷熱搬送媒体を前記低温側循環回路10内に封入したことを特徴とするスターリング冷凍システム。



→ は冷熱搬送媒体の流れ

(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 逆スターリングサイクルによる作動ガスの圧縮熱を外部に放熱するための高温部と、前記逆スターリングサイクルによる前記作動ガスの膨張熱を外部から吸熱するための低温部とを有し、前記低温部に熱的に結合された低温側凝縮器と、複数の低温側蒸発器とをサーモサイフォンを構成するように連結した閉回路からなる低温側循環回路を備え、この低温側循環回路内を循環し、前記低温部の冷熱を搬送する冷熱搬送媒体を前記低温側循環回路内に封入したことを特徴とするスターリング冷凍システム。

【請求項2】 前記低温側循環回路は、前記低温側凝縮器と、この低温側凝縮器より低い位置にそれぞれ高度差をつけて設けた前記複数の低温側蒸発器とを順次連結してなる閉回路であることを特徴とする請求項1に記載のスターリング冷凍システム。

【請求項3】 前記冷熱搬送媒体に二酸化炭素又はヒドロカーボンを用いることを特徴とする請求項1又は2に記載のスターリング冷凍システム。

【請求項4】 前記低温側循環回路に冷熱搬送媒体の流れを遮断可能な開閉弁を設け、前記低温側蒸発器の除霜時に、前記開閉弁を閉じ、除霜後に前記開閉弁を開くようにしたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のスターリング冷凍システム。

【請求項5】 逆スターリングサイクルによる作動ガスの圧縮熱を外部に放熱するための高温部と、前記逆スターリングサイクルによる前記作動ガスの膨張熱を外部から吸熱するための低温部とを有し、前記低温部に熱的に結合された低温側凝縮器と、この低温側凝縮器より低い位置にそれぞれ高度差をつけて設けた第1低温側蒸発器及び第2低温側蒸発器とをサーモサイフォンを構成するように順次連結した閉回路からなる低温側循環回路を備え、この低温側循環回路内を循環し、前記低温部の冷熱を搬送する冷熱搬送媒体を前記低温側循環回路内に封入したことを特徴とするスターリング冷凍システム。

【請求項6】 前記低温側循環回路に冷熱搬送媒体の流れを遮断可能な開閉弁を設け、前記第1低温側蒸発器及び前記第2低温側蒸発器の除霜時に、前記開閉弁を閉じ、除霜後に前記開閉弁を開くようにしたことを特徴とする請求項5に記載のスターリング冷凍システム。

【請求項7】 前記第1低温側蒸発器の除霜時に、前記第2低温側蒸発器が単独で前記低温側凝縮器と一つの循環回路を形成し、又は前記第2低温側蒸発器の除霜時に、前記第1低温側蒸発器が単独で前記低温側凝縮器と一つの循環回路を形成するように前記低温側循環回路を切り替える手段を設けたことを特徴とする請求項5に記載のスターリング冷凍システム。

【請求項8】 除霜の間も、前記スターリング冷凍機の運転を続けることを特徴とする請求項6又は7に記載のスターリング冷凍システム。

2

【請求項9】 前記冷熱搬送媒体に二酸化炭素又はヒドロカーボンを用いることを特徴とする請求項5～8のいずれかに記載のスターリング冷凍システム。

【請求項10】 請求項5～9のいずれかに記載のスターリング冷凍システムを備え、内部の空間が少なくとも設定温度帯の低い冷凍室及び設定温度帯の高い冷蔵室に区切られたスターリング冷蔵庫において、前記第1低温側蒸発器を前記冷凍室の冷却用として用い、前記第2低温側蒸発器を前記冷蔵室の冷却用として用いることを特徴とするスターリング冷蔵庫。

【請求項11】 前記第1低温側蒸発器及び前記第2低温側蒸発器を冷気送風用のダクトの内部に配置し、このダクト内の前記第1低温側蒸発器側の空間と前記第2低温側蒸発器側の空間とを連通可能な開閉式のダンパを設け、前記第1低温側蒸発器及び前記第2低温側蒸発器が同時に作動する際に、前記冷凍室又は前記冷蔵室に要求される熱負荷に応じて、前記ダンパを開閉するようにしたことを特徴とする請求項10に記載のスターリング冷蔵庫。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、スターリング冷凍機を用いた冷凍システム及びそれを備えたスターリング冷蔵庫に関する。

【0002】

【従来の技術】 周知のように、CFC（特定フロン）及びHCFC系冷媒が冷凍・空調機器の作動流体として使われてきたが、CFC系冷媒が既に全廃されており、HCFC系冷媒もオゾン層保護の国際条約に規制されている。また、新しく開発されたHFC系冷媒は、オゾン層を破壊しないが、地球温暖化係数が二酸化炭素の数倍から数千倍という強力な温暖化物質であり、排出規制の対象となっている。

【0003】 これらの環境負荷の高いCFC、HCFC、HFC系冷媒を作動媒体とする蒸気圧縮式冷凍サイクルに代わる技術の一つとして、逆スターリングサイクルを利用するスターリング冷凍機を用いた冷凍装置の研究が進められている。スターリング冷凍機は、地球環境に影響を及ぼすことのないヘリウムなどの不活性ガスを作動媒体としており、外部動力により、ピストンを作動させることによって作動媒体の圧縮・膨張過程を繰り返し、高温熱源（一般的に環境雰囲気）への放熱と低温熱源（冷熱利用側）からの吸熱を行うものである。このスターリング冷凍機は、その内部に設けられた内部熱交換器の形状と大きさの制約により、ウォームセクションと呼ばれる高温部とコールドヘッドと呼ばれる低温部の表面積が限られていることが特徴で、効率よくスターリング冷凍機の高温部から熱を環境雰囲気へ、低温部からの冷熱を冷熱利用側へ搬送するのは重要である。

【0004】 スターリング冷凍機で発生した冷熱を搬送

(3)

3
 する方法としては、様々な提案がなされている。例えば、エチルアルコールやブラインなどの冷熱搬送媒体を二次冷媒とし、この二次冷媒と顕熱による熱交換を行い、配管を通してスターリング冷凍機の冷熱を冷熱利用側に搬送することが考えられている。また、フィン付き熱交換器をスターリング冷凍機の低温部に直接取り付け、このフィン付き熱交換器で空気と熱交換させ、冷却された空気を冷蔵庫庫内などの冷熱利用空間へ送る方法もある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】熱力学的視点から見ると、システム効率を向上させるために、冷熱の質を保ちながら、冷熱を冷熱利用側に伝熱することが望ましい。すなわち、冷熱搬送媒体を介して冷熱を搬送するにしろ、直接に熱交換器で冷熱を冷熱利用側に提供するにしろ、冷熱利用側で利用できる温度とスターリング冷凍機の低温部（冷熱提供側）の温度との差が小さければ小さいほど、熱搬送の効率は良くなる。

【0006】冷熱搬送媒体を利用する場合、熱交換器でスターリング冷凍機低温部から冷熱搬送媒体に冷熱が顕熱として伝達され、冷熱搬送媒体の温度が下がる。そして、配管接続した冷熱利用側の熱交換器で冷熱搬送媒体に蓄えた冷熱を冷熱利用側に伝達する。このとき、冷熱搬送媒体自身に温度差が生じることで、冷熱利用側で利用できる温度とスターリング冷凍機の低温部（冷熱提供）の温度との温度差が次第に拡大され、熱搬送の効率が低下する。また、冷熱搬送媒体を強制的に循環させる冷媒ポンプが必要である。従って、冷熱搬送媒体の顕熱を利用する方法では、スターリング冷凍装置のシステム効率を損ないかねないという問題がある。

【0007】それに対し、スターリング冷凍機の低温部に直接フィン付きの熱交換器を取り付け、或いはスターリング冷凍機の低温部を直接に冷熱利用側に密着させ、スターリング冷蔵庫を構成する提案では、小型冷蔵庫に対応できるが、大型の冷凍冷蔵庫（例えば、定格内容積400Lクラス又はそれ以上）の庫内全体に効率よく冷熱を伝達させるのは難しいという問題があった。その原因としては、上述したように、高効率スターリング冷蔵庫は、内部熱交換器の形状や大きさにより、低温部と高温部がコンパクトにできており、熱交換器と接触できる面積が比較的小さいにもかかわらず、空気の熱伝達率が小さいため、空気との熱交換には比較的大きな伝熱面積が必要であることが考えられる。例えば、フィン付き熱交換器の場合、必要な伝熱容量が大きくなればなるほど大きな伝熱面積が必要となるので、それにつれてフィンを取り付ける基盤部を大きくしなければならない。その結果、基盤部を一樣な温度に保つことができず、スターリング冷凍機の低温部から離れるほど温度が高くなってしまふ。

【0008】また、スターリング冷凍機は、入力・出力

4
 が高温部と低温部の温度差に依存しており、安定した性能を得るためには、適切な運転条件を維持することが望ましい。特に、家庭用冷蔵庫に応用しやすいと考えられているリニアモーターフリーピストン型スターリング冷凍機は、潤滑機構の代わりにエアベアリングを使用しており、頻繁の起動が寿命の短縮につながるがあるので、除霜時の対応が課題となっている。

【0009】また、スターリング冷凍機を用いた冷蔵庫は、従来の蒸気圧縮式サイクルの冷蔵庫に使われている放熱・冷却のための熱交換システムが根本的に違うことから、除霜を含めた全体の運転・制御に対し、更なる省エネが求められている。

【0010】本発明は、このような従来のスターリング冷蔵庫が抱える冷熱搬送手段の問題点に鑑みてなされたものであり、ポンプなどの外部動力に頼ることなく、冷熱を速やかに冷熱利用側に搬送して所望の冷却性能を得ることのできる省エネに有利なスターリング冷凍システムを提供することを目的とする。また、除霜前の状態への復帰が容易なスターリング冷凍システムを提供することを目的とする。更には、そのようなスターリング冷凍システムを備えた効率のよい大容量なスターリング冷蔵庫を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のスターリング冷凍システムは、逆スターリングサイクルによる作動ガスの圧縮熱を外部に放熱するための高温部と、前記逆スターリングサイクルによる前記作動ガスの膨張熱を外部から吸熱するための低温部とを有し、前記低温部に熱的に結合された低温側凝縮器と、この低温側凝縮器より低い位置にそれぞれ高度差をつけて設けた第1低温側蒸発器及び第2低温側蒸発器とをサーモサイフォンを構成するように順次連結した閉回路からなる低温側循環回路を備え、この低温側循環回路内を循環し、前記低温部の冷熱を搬送する冷熱搬送媒体を前記低温側循環回路内に封入したことを特徴とする。

【0012】この構成によると、スターリング冷凍機の低温部で得られた冷熱は、低温側循環回路を流れる冷熱搬送媒体の顕熱として搬送され、第1、第2低温側蒸発器において冷熱搬送媒体が蒸発する際の吸熱によって冷熱利用側に供給される。

【0013】このような低温側循環回路では、第1、第2低温側蒸発器は非常に低温になるため、着霜によって次第に冷却能力が低減する。そのため、定期的に除霜を行う必要がある。そこで、前記低温側循環回路に冷熱搬送媒体の流れを遮断可能な開閉弁を設け、前記蒸発器の除霜時に、前記開閉弁を閉じ、除霜後に前記開閉弁を開くようにすると、除霜時の冷熱搬送媒体の流れが堰き止められ、加熱による温度上昇を受けにくくなる。よって、除霜の間も、前記スターリング冷凍機の運転を続けることが可能である。

(4)

5

【0014】他方、前記第1低温側蒸発器の除霜時に、前記第2低温側蒸発器が単独で前記低温側凝縮器と一つの循環回路を形成し、又は前記第2低温側蒸発器の除霜時に、前記第1低温側蒸発器が単独で前記低温側凝縮器と一つの循環回路を形成するように前記低温側循環回路を切り替える手段を設けることにより、除霜時の冷熱搬送媒体の流れを止める必要がなくなる。よって、除霜の間も、前記スターリング冷凍機の運転を続けることが可能である。

【0015】また、本発明のスターリング冷凍システムにおいては、前記冷熱搬送媒体として地球環境に優しい二酸化炭素やハイドロカーボンといった自然冷媒を好適に用いることができる。

【0016】そして、このようなスターリング冷凍システムを備えた本発明のスターリング冷蔵庫は、前記第1低温側蒸発器を冷凍室の冷却用の冷熱源として用い、前記第2低温側蒸発器を冷蔵室の冷却用の冷熱源として用いたことを特徴とする。

【0017】この場合、前記第1低温側蒸発器及び前記第2低温側蒸発器を冷気送風用のダクトの内部に配置し、このダクト内の前記第1低温側蒸発器側の空間と前記第2低温側蒸発器側の空間とを連通可能な開閉式のダンパを設け、前記第1低温側蒸発器及び前記第2低温側蒸発器が同時に作動する際に、前記冷凍室又は前記冷蔵室に要求される熱負荷に応じて、前記ダンパを開閉するようにすると、第1低温側蒸発器の余分な冷凍能力を必要に応じて冷蔵室に分配することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

<第1の実施形態>図1は、本発明による第1の実施形態に係るスターリング冷凍システムの基本構成を説明する概念図である。図1に示すスターリング冷凍システムは、高温部2と低温部3を有するヘリウムや窒素などの作動媒体を封入したスターリング冷凍機1、高温側熱交換サイクル6及び低温側熱交換サイクル10から構成されている。

【0019】図1に示すように、高温側熱交換サイクル6は、配管61、62で接続した高温側蒸発器4と高温側凝縮器5とから構成されており、水やハイドロカーボンなどの自然冷媒を封入し、サーモサイフォン原理で熱を搬送・放出する。この場合、高温側凝縮器5を高温側蒸発器4より高い位置に設ける。いうまでもなく、高温側熱交換サイクル6は、スターリング冷凍機1から発生した熱を外部環境へ放出するのが目的で、その他の放熱手段（例えば、ヒートシンク）を使ってもよい。

【0020】また、低温側熱交換サイクル10は、低温側凝縮器7と第1低温側蒸発器8と第2低温側蒸発器9を有し、これらを配管101、102、103で順次接続することにより形成されている。そして、図示の如

6

く、低温側凝縮器7を第1、第2低温側蒸発器8、9より高い位置に設けている。この実施の形態においては、低温側循環回路内の冷熱搬送媒体として、二酸化炭素やハイドロカーボンなどの自然冷媒を用いている。

【0021】図1に示すスターリング冷凍機1は、例えば、パワーピストンとディスプレイサをシリンダ内部に有するリニアモーターフリーピストン型であり、パワーピストンの駆動にリニアモータを用いるものを好適に使用できる。もちろん、他の種類のスターリング冷凍機であつてもよい。

【0022】リニアモータの駆動により、スターリング冷凍機1の高温部2の温度が高くなり、低温部3の温度が低くなる。高温部2に取り付けた高温側蒸発器4で熱搬送媒体が加熱されて蒸発し、高温側蒸発器4より高い位置に設置した高温側凝縮器5に流入する。高温側凝縮器5で飽和状態の水蒸気が外部の空気に冷却され、放熱・凝縮し、ほぼ液体の状態で高温側蒸発器4に戻る。このように、熱搬送媒体の自然循環ができ、サーモサイフォン原理で熱を搬送する。高温側凝縮器5での外部空気との熱交換は、空気の自然対流又は強制対流のどちらによって行ってもよい。

【0023】図7は、サーモサイフォンを利用した低温側熱交換サイクルの原理を示す模式的な図である。この図に示すように、スターリング冷凍機1の低温部3に取り付けた低温側凝縮器7で二酸化炭素が冷やされて凝縮し、ほぼ液体の状態で配管101を通して第1低温側蒸発器8に流入する。第1低温側蒸発器8は、第2低温側蒸発器9の真下にある。そのため、低温側凝縮器7から配管101を流れ落ちて第1低温側蒸発器8に流入する液体の二酸化炭素の重力の方が、配管103から第2低温側蒸発器9に流入する液体の二酸化炭素の重力より大きくなり、しかも、第1低温側蒸発器8でガス化した二酸化炭素は、配管102を通して第2低温側蒸発器9に向かって上昇する流れを作る。更に、第2低温側蒸発器9でガス化した二酸化炭素は、低温側凝縮器7の方に逆流する流れを作る。よって、低温側凝縮器7で凝縮した二酸化炭素は、専ら第1低温側蒸発器8の方へ流れ落ちるようになる。

【0024】第1低温側蒸発器8で二酸化炭素の一部が冷熱利用側の空気に加熱され、吸熱・蒸発する。更に、第1低温側蒸発器8から流出した二相状態の二酸化炭素が第2低温側蒸発器9に流入し、吸熱することにより、液の大部分が蒸発する。そして、第2低温側蒸発器9から流出した二酸化炭素が圧力差により低温側凝縮器7に送られる。この圧力差は、低温側凝縮器7と第1、第2低温側蒸発器8、9との高度差及び二酸化炭素の液と気体の比重差によるものである。つまり、低温凝縮器7の出口から第1低温側蒸発器8の入口までの配管101には液状態の二酸化炭素がほとんどで、一方、第2低温側蒸発器9から流出した二酸化炭素がほとんど気体である

(5)

7

ため、比重の大きい液体の二酸化炭素が重力により配管101を落下することにより、比重の軽い気体の二酸化炭素が押し出される形で自然に図1に示す矢印の方向に循環する。このように、冷熱搬送媒体の二酸化炭素の潜熱によってスターリング冷凍機の冷熱が冷熱利用側に運ばれる。

【0025】低温側熱交換サイクル10への二酸化炭素の封入量は、第1、第2低温側蒸発器8、9がいずれも正常に作動するように、このサイクル10の内容積などに基つて決められる。しかし、第2低温側蒸発器9は第1低温側蒸発器8より位置が高いので、第2低温側蒸発器9を単独で作動させようとしても、液体の二酸化炭素が第2低温側蒸発器に入らず正常に作動しないことも考えられる。従つて、第2低温側蒸発器9を常に正常に作動させるためには、第1低温側蒸発器8から第2低温側蒸発器9へ十分な液量の二酸化炭素を供給することが必要である。そのため、本発明では第1低温側蒸発器8を十分な熱負荷で作動させるようにしている。

【0026】スターリング冷凍システムの運転中、周辺の空気に含まれる水分が凝縮して第1、第2低温側蒸発器8、9に着霜すると、次第に第1、第2低温側蒸発器8、9のフィンが目詰まりを起し、冷却能力が低減するので、ヒータなどによる定期的な除霜が必要である。

【0027】＜第2の実施形態＞図2は、本発明の第2の実施形態に係るスターリング冷凍システムの概念図である。図2に示すように、低温側熱交換サイクル10の配管101に二酸化炭素の流れを遮断できる開閉弁11を設け、第1、第2低温側蒸発器8、9の除霜時に開閉弁11を閉め、除霜完了後に開閉弁11を再び開く。除霜時に二酸化炭素の流れを遮断することにより、冷熱搬送媒体が循環回路を循環することなく、ヒータの発熱を局部的に第1、第2低温側蒸発器8、9に集中でき、除霜の時間が短縮できる。

【0028】また、冷熱搬送媒体が流れないので、低温側凝縮器7とスターリング冷凍機1の低温部3の温度上昇はほとんどない。更に、除霜中でもスターリング冷凍機1の出力を落としながらも運転を続けることにより、スターリング冷凍機1の低温部3と低温側凝縮器7を低温状態に保持でき、除霜後の速やかな復帰が実現できる。ノーストップ運転が実現できれば、スターリング冷凍機1の寿命もより長く持つ。

【0029】循環回路に開閉弁11を設けずに、除霜を実施すると、除霜によって加熱された冷熱搬送媒体が循環回路を循環して、循環回路とスターリング冷凍機1の低温部3を全体的に温めることになり、除霜時間の延長が避けられない。また、除霜後の冷熱搬送媒体の低温状態への復帰にも時間を要することになる。

【0030】＜第3の実施形態＞図3～図5は、本発明の第3の実施形態のスターリング冷凍システムの概念図である。図3～図5に示すように、低温側熱交換サイク

8

ル10の配管101、102に三方弁12、13をそれぞれ設けている。そして、第1低温側蒸発器8と第2低温側蒸発器9がいずれもそれぞれ単独で低温側凝縮器7と一つの循環回路を形成するように、三方弁12と配管102との間にバイパス管104を接続するとともに、三方弁13と配管103との間にバイパス管105を接続している。これらの三方弁12、13の切り替えにより、冷熱搬送媒体の流れが変えられる。

【0031】図3に示すのは、通常運転の状態である。冷熱搬送媒体が低温側凝縮器7から流出し、第1低温側蒸発器8及び第2低温側蒸発器9を通過し、低温側凝縮器7に戻る。

【0032】図4に示すのは、スターリング冷凍機1の運転と低温側熱交換サイクル10の動作を続けながら、第1低温側蒸発器8の除霜を行う状態である。三方弁12の切り替えにより、低温側凝縮器7から第1低温側蒸発器8への流れが遮断される。また、三方弁13の切り替えにより、第1低温側蒸発器8から第2低温側蒸発器9への流れが遮断される。

【0033】これにより、第1低温側蒸発器8の除霜時に、冷熱搬送媒体が第1低温側蒸発器8に流れ込まなくなる。そのため、ヒータによる少ない熱量で除霜できる。一方、低温側凝縮器7から冷熱搬送媒体が第2低温側蒸発器9に流入し、第2低温側蒸発器9で冷熱を放出し、再び低温側凝縮器7に戻る。なお、第1低温側蒸発器8を加熱して除霜を行うと、第1低温側蒸発器8に溜まっている冷熱搬送媒体の一部が蒸発して上部の配管102や低温側凝縮器7に移動する。これにより、除霜による第1低温側蒸発器8内の過圧を避けながら、第2低温側蒸発器9へ冷熱搬送媒体を供給できるようになる。

【0034】図5に示すのは、スターリング冷凍機1の運転と低温側熱交換サイクル10の動作を続けながら、第2低温側蒸発器9の除霜を行う状態である。三方弁12の切り替えにより、低温側凝縮器7から第2低温側蒸発器9への流れが遮断される。また、三方弁13の切り替えにより、第1低温側蒸発器8から第2低温側蒸発器9への流れが遮断される。上記と同様に、第2低温側蒸発器9の除霜時に、冷熱搬送媒体が第2低温側蒸発器9へ流れ込まないから、ヒータによる少ない熱量で除霜できる。一方、低温側凝縮器7から冷熱搬送媒体が第1低温側蒸発器8に流入し、第1低温側蒸発器8で冷熱を放出し、再び低温側凝縮器7に戻る。なお、第2低温側蒸発器9の除霜を行うと、第2低温側蒸発器9に溜まっている冷熱搬送媒体の一部が蒸発して低温側凝縮器7に移動する。これにより、除霜による第2低温側蒸発器9内の過圧を避けながら、第1低温側蒸発器8へ冷熱搬送媒体を供給できるようになる。

【0035】この実施の形態によると、上記第2の実施形態（図2参照）に比べ、除霜中でも冷熱の提供を行えることが利点である。

(6)

9

【0036】<第4の実施形態>図6は、本発明のスターリング冷凍システムを実現するスターリング冷蔵庫20の一例の断面図である。図6に示す本実施形態のスターリング冷蔵庫20は、上記第1～第3の実施形態で説明したスターリング冷凍システム（スターリング冷凍機1、高温側熱交換サイクル6及び低温側熱交換サイクル10からなる）を有している。

【0037】冷蔵庫20の本体24は断熱材により箱形状に形成され、その内部の空間は断熱性に優れた仕切板25、26により、上方から順に冷蔵室21、野菜室22及び冷凍室23の三つの設定温度の異なる冷却室に仕切られている。スターリング冷凍機1を冷蔵庫本体20背面の上部に設け、低温側熱交換サイクル10（図1参照）の第1、第2低温側蒸発器8、9をスターリング冷凍機1より低い庫内冷気ダクト30内に設けている。第1低温側蒸発器8は、主に冷凍室23の冷却に使う。第2低温側蒸発器9は、主に冷蔵室21と野菜室22の冷却に使う。

【0038】この実施の形態においては、スターリング冷凍機1の高温側熱交換サイクル6がサーモサイフォン式であり、高温側蒸発器4と高温側凝縮器5を備えている。高温側凝縮器5は、本体24のトップに設けた庫外の空気ダクト27内に配設されている。

【0039】高温側蒸発器4と低温側凝縮器7とは、いずれも螺旋状の銅又はアルミニウム製のチューブで、熱又は冷熱の搬送媒体がその管内を流れる。スターリング冷凍機1の高温部2、低温部3と密着させる方法としては、高温側蒸発器4と低温側凝縮器7を環状の銅やアルミニウム製の金属ベースの外側面にロー付けし、これらの金属ベースをそれぞれスターリング冷凍機1の高温部2、低温部3に密着するように被せることも可能である。更に、これらの環状金属ベースの内側面に、スターリング冷凍機1の高温部2又は低温部3の側面と同様のテーパ角度を持たせれば、双方の接触面の密着性が更によくなる。

【0040】スターリング冷凍機1の運転を開始すると、高温部2の温度が上がり、高温側蒸発器4で熱搬送媒体が加熱されて蒸発し、配管61を通過して高温側凝縮器5に流入する。同時に、放熱用ファン16の回転により、庫外の空気が吸込口28から空気ダクト27内に吸込まれ、高温側凝縮器5のフィン間を通過した後、吹出口29から庫外に吹き出される。その際、熱搬送媒体は高温側凝縮器5で冷やされて凝縮する。凝縮した熱搬送媒体は、配管62を通過して流れ落ち、再び高温側蒸発器4に戻る。このように、熱搬送媒体の自然循環が行われ、スターリング冷凍機1の高温部2の熱が庫外に放熱される。

【0041】同様に、スターリング冷凍機1の運転により低温部3の温度が下がり、低温側凝縮器7で冷熱搬送媒体が冷却されて凝縮し、配管101を流れ落ちて低温

10

側第1蒸発器8に流入する。同時に、第1ファン14の回転により、庫内（主に冷凍室23）の空気が第1低温側蒸発器8のフィン間を通過し、冷熱搬送媒体が吸熱・蒸発するとともに、庫内の空気が冷却される。この第1低温側蒸発器8から流出した冷熱搬送媒体は、配管102を通過して二相状態で第1低温側蒸発器8より高い位置に配設されている第2低温側蒸発器9に流入する。また同時に、第2ファン15の回転により、庫内（主に冷蔵室21と野菜室22）の空気が第2低温側蒸発器9のフィン間を通過し、冷熱搬送媒体の液が第2低温側蒸発器9で吸熱・蒸発するとともに、庫内の空気が冷却される。蒸発した冷熱搬送媒体は、配管103を通過して上昇し、再び低温側凝縮器7に戻る。このように、冷熱搬送媒体の自然循環が行われ、スターリング冷凍機1の低温部3の冷熱が庫内の空気に提供される。

【0042】実際のスターリング冷蔵庫20の使用時は、冷凍室23、冷蔵室21と野菜室22の熱負荷に応じて第1、第2低温側蒸発器8、9で得られる必要冷熱を制御し、冷熱を冷凍室23、冷蔵室21と野菜室22に分配する。例えば、冷蔵室21と野菜室22の温度が設定値の下限より低くなると、第2ファン15の回転数を下げたり、停止したりするといった手法がある。

【0043】逆に、冷蔵室21と野菜室22の温度が設定値の上限より高くなった場合は、第2ファン15の回転数を上げて冷気の送風を増やすことが考えられる。ただし、第2低温側蒸発器9を動作させる際は、同時に第1低温側蒸発器8も動作させることが望ましいから、第1低温側蒸発器8において十分な冷熱が得られるように制御しておく必要がある。この場合、冷凍室23の必要熱負荷が第1低温側蒸発器8の得られる冷熱量に相当する出力より小さいのであれば、冷気ダクト30に設けられている開閉式のダンパ17を開いて、余分な冷熱を冷蔵室21や野菜室22へ提供すればよい。

【0044】或いは、冷凍室23の温度が設定値の上限より高くなると、第1ファン14の回転数を上げたり、第2ファン15の回転数を下げたりするといった手法がある。

【0045】なお、第1、第2低温側蒸発器8、9の下方にそれぞれ除霜用ヒータ（図示せず）を設けている。このヒータによる除霜を有利にする手段として、まず一つに、上記第2の実施形態で述べたように、配管101の途中に開閉弁11（図2参照）を設けることができる。例えば、第1低温側蒸発器8又は第2低温側蒸発器9若しくはその両方の除霜が必要であると判断されると、開閉弁11を開めるとともに、第1、第2蒸発器8、9の除霜用ヒータに通電して除霜を行う。除霜の間もスターリング冷凍機1の運転を続けて冷熱搬送媒体の低温状態を維持しておけば、除霜後開閉弁11を開くことで、速やかに冷熱の提供を再開できる。

【0046】もっとも有利な除霜手段として、上記第3の

(7)

11

実施形態で述べたように、配管101、102に三方弁12、13（図3～図5参照）を設け、バイパス管104で三方弁12と配管102とを接続するとともに、バイパス管105で三方弁13と配管103とを接続することも可能である。この場合、第1低温側蒸発器8（又は第2低温側蒸発器9）の除霜中にも冷熱搬送媒体が循環され、第2低温側蒸発器9（又は第1低温側蒸発器8）の動作を続けることができる。

【0047】例えば、図4に示すように、第1低温側蒸発器8の除霜時に、三方弁12の切り替えにより、低温側凝縮器7から第1低温側蒸発器8への流れを遮断するとともに、三方弁13の切り替えにより、第1低温側蒸発器8から第2低温側蒸発器9への流れを遮断する。そして、第1低温側蒸発器8の除霜用ヒータを通电させ、除霜を行う。一方、低温側凝縮器7からの流れが第2低温側蒸発器9に流入し、第2低温側蒸発器9で冷熱を放出し、再び低温側凝縮器7に戻る。

【0048】なお、第1低温側蒸発器8の除霜を行うと、冷熱搬送媒体は熱を受けるので、第1低温側蒸発器8に溜まっている冷熱搬送媒体の一部が蒸発して上部の配管102や低温側凝縮器7に移動する。同様に、第2低温側蒸発器9の除霜が必要になれば、図5に示すように、三方弁12、13を切り替え、第1低温側蒸発器8を作動させながら、第2低温側蒸発器9の除霜を行う。第1、第2低温側蒸発器8、9の除霜により生じたドレン水は、ドレン水排出口18から排出される。

【0049】この実施の形態では、低温側凝縮器7及び高温側蒸発器4を螺旋状チューブとして説明したが、同じ目的が達成されれば、もちろん他の種類のものであってもよい。また、スターリング冷凍機1の低温部3に直接冷熱搬送媒体の流路を設けて、低温側凝縮器7の役割を担わすようにしてもよい。また、3つ以上の低温側蒸発器をそれぞれ高度差をつけて設けてもよい。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように本発明のスターリング冷凍システムは、スターリング冷凍機の低温部に熱的に結合された低温側凝縮器と、この低温側凝縮器よりも低い位置に高度差をつけて設けた二つの低温側蒸発器とをサーモサイフォンを構成するように順次連結した閉回路からなる低温側循環回路を備え、この低温側循環回路内に冷熱搬送媒体を封入してなっている。従って、サーモサイフォンを利用して冷熱搬送媒体の安定的な自然循環を得ることができ、各低温側蒸発器において蒸発する冷熱搬送媒体によって必要な冷熱を得ることができる。これにより、大容量かつ低消費電力のスターリング冷蔵庫をも実現できる。

【0051】この構成では、低い位置にある低温側蒸発器から二相状態で流れ出た冷熱搬送媒体は、それより高い位置にある低温側蒸発器に流入して大部分が蒸発し、更に高い位置の低温側凝縮器に至る冷熱搬送媒体の流れ

12

によって熱を受ける構成となっており、サーモサイフォンにしばしば見られる起動のしにくさや冷熱搬送媒体の逆流を防止できる。

【0052】冷蔵庫の冷凍室と冷蔵室では、一般に20℃ほどの温度差があるので、それぞれの冷熱源として二つの低温側蒸発器を専用とすれば、熱交換効率がよくなるだけでなく、大きな熱交換量を得ることも可能となる。つまり、冷却ファンの消費電力をも増やさずに大きな冷熱が低温側蒸発器から得られる。この場合、冷凍室又は冷蔵室の熱負荷に応じて低温側蒸発器で得られる冷熱の量を制御でき、スターリング冷凍機の無駄な運転がなく、省エネが図られる。

【0053】また、本発明によれば、低温側循環回路全体を加熱することなく、局部の加熱だけで除霜ができるから、除霜時間の短縮及び除霜後の速やかな復帰が実現できる。また、低温側蒸発器を同時に除霜させないことが可能であるので、除霜中でも庫内への冷熱の提供ができる。しかも、本発明によれば、除霜中にスターリング冷凍機の運転を停止する必要がないので、スターリング冷凍機の頻繁な起動による性能の劣化を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態に係るスターリング冷凍システムの基本構成を説明する概念図である。

【図2】 本発明の第2の実施形態に係るスターリング冷凍システムの基本構成を説明する概念図である。

【図3】 本発明の第3の実施形態に係るスターリング冷凍システムの基本構成を説明する概念図であり、通常の運転状態を示している。

【図4】 同上スターリング冷凍システムの概念図であり、第1低温側蒸発器の除霜を行う状態である。

【図5】 同上スターリング冷凍システムの概念図であり、第2低温側蒸発器の除霜を行う状態である。

【図6】 本発明の第4の実施形態に係るスターリング冷蔵庫の一例の断面図である。

【図7】 低温側熱交換サイクルの原理を説明する模式図である。

【符号の説明】

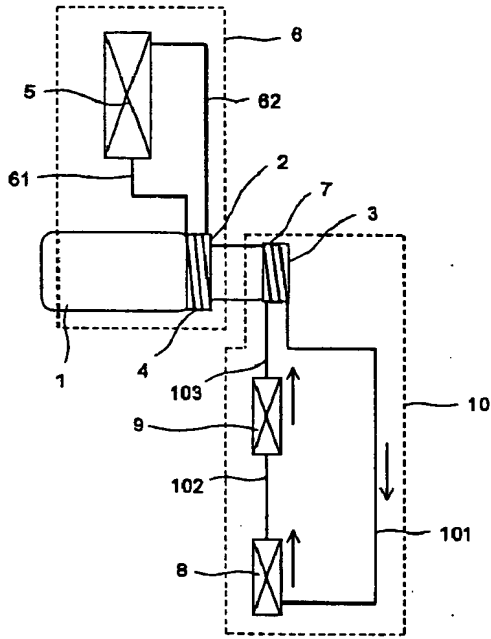
- 1 スターリング冷凍機
- 2 高温部
- 3 低温部
- 4 高温側蒸発器
- 5 高温側凝縮器
- 6 高温側熱交換サイクル
- 7 低温側凝縮器
- 8 第1低温側蒸発器
- 9 第2低温側蒸発器
- 10 低温側熱交換サイクル
- 11 開閉弁
- 12, 13 三方弁

(8)

- 14 第1ファン
15 第2ファン
20 スターリング冷蔵庫

13

【図1】

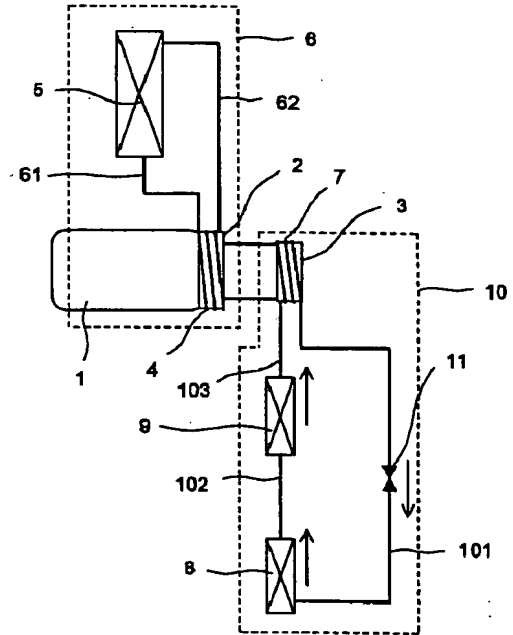


→ は冷熱搬送媒体の流れ

- 21 冷蔵室
22 野菜室
23 冷凍室

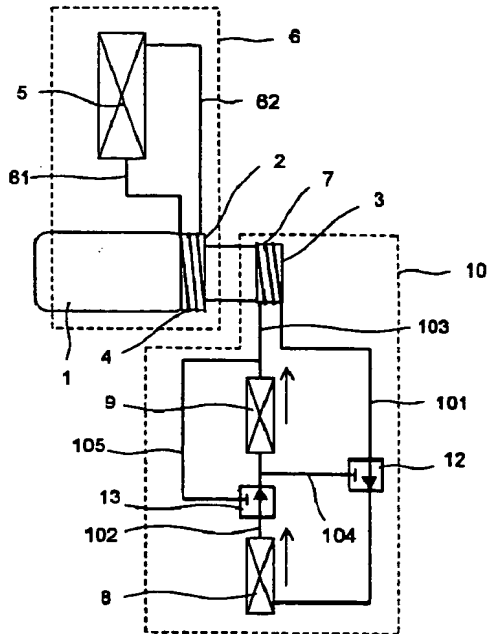
14

【図2】



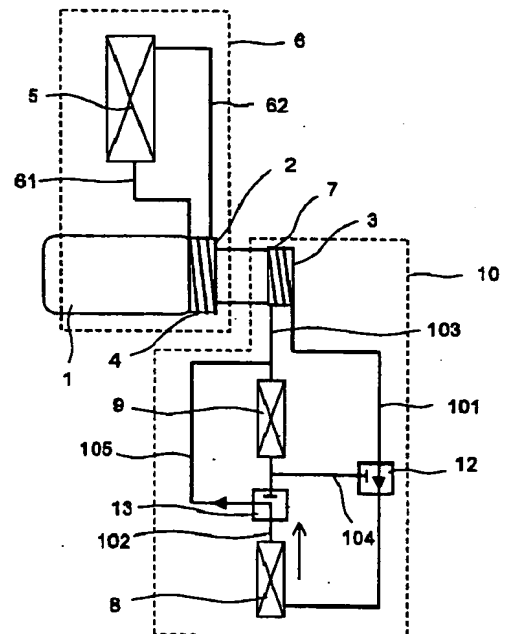
→ は冷熱搬送媒体の流れ

【図3】



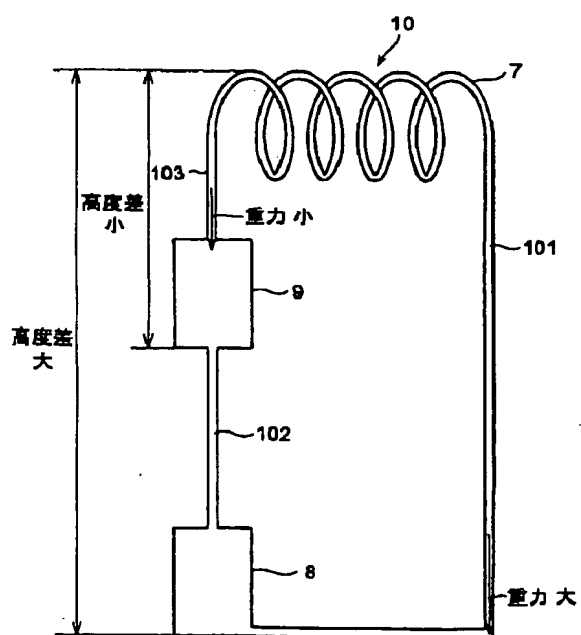
→ は冷熱搬送媒体の流れ

【図5】



→ は冷熱搬送媒体の流れ

【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.